

鄂尔多斯盆地后期改造与砂岩型铀成矿关系

李卫红, 徐高中
(核工业二〇三研究所, 陕西 咸阳 712000)

[摘要] 依据鄂尔多斯盆地中生代地层接触关系、沉积建造、构造变形、主要构造变动事件及同位素测年等资料,对盆地后期改造期次、类型及分布进行了分析。盆地改造作用发生于晚侏罗世以来,可分为晚侏罗世、早白垩世、早白垩世末—古新世、始新世—中新世及中新世末—现今5个阶段,改造形式包括抬升剥蚀、冲断褶皱、叠合埋藏、断陷分隔及热力改造等,并且在空间上有明显的不均一性。盆地后期改造与砂岩型铀成矿的关系密切。提出了晚侏罗世以来多期抬升剥蚀期控制着砂岩型铀成矿作用的发生形成,构造抬升(掀斜)区控制着铀矿的空间展布,而冲断褶皱、叠合埋藏、断陷分隔等改造作用使含矿层变形破坏、深埋或与地下水补给区分割,对铀成矿作用不利。

[关键词] 后期改造; 砂岩型; 铀矿; 成因; 鄂尔多斯盆地

[中图分类号] P618.130.1; TE121.1; P54 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2006)03-0019-05

Relationship Between Late Reformation and Formation of Sandstone type Uranium Ore in Ordos Basin

LI Wei hong, XU Gao zhong
(No. 203 Research Institute in Nuclear Industry, Xianyang 712000, Shaanxi, China)

Abstract: The stages, types, distribution features of late reformation in Ordos Basin are researched based on contact relation, sedimentary formation, tectonic deformation, main tectonic events and isotopic ages. The reformation of the basin occurred in the late Jurassic and later epoches, and can be divided into 5 phase, they are late Jurassic, early Cretaceous, early Cretaceous end time Paleocene epoch, Eocene epoch, Miocene epoch and Miocene epoch – present phases. The reformation types are uplifting and weathering, thrust fold, fault depression, deep burial with superimposition, and thermodynamic reforming, and their spacial distributions are uniformity. Relationship between the late reformation and Sandstone type uranium deposits are analyzed. This paper put forward that multi stage uplifting and weathering since late Jurassic Epoch controlled the formation of Sandstone type Uranium deposits; uplifting tilting area controlled the spacial distribution of Sandstone type Uranium deposits; but thrust fold, fault depression, deep burial with superimposition is unfavorable to metallogenetic of sandstone type uranium deposits, because they change the form, depth of ore bearing layers and local groundwater discharge.

Key words: late reformation; sandstone type; uranium deposit; origine; Ordos basin

0 引言

鄂尔多斯盆地位于华北板块西部,中生代属残

延克拉通内盆地^[1]或大型内陆坳陷盆地。该盆地不仅蕴藏着丰富的石油、天然气、煤炭资源,并分布有储量可观的砂岩型铀矿资源,已构成中国重要的多种能源矿产勘查和开发基地。长期以来,鄂尔多

[收稿日期] 2006-01-20
[基金项目] 国家 973 项目(2003CB214600)
[作者简介] 李卫红(1961-),男,陕西咸阳人,研究员级高级工程师,从事铀矿地质研究。

斯盆地被认为是稳定型克拉通盆地的典型,其盆地内部以地层水平、褶皱微弱、斜坡宽缓、接触整合和整体抬升为特点。但近几年盆地地质研究和多种能源矿产勘查显示,中生代晚期以来,受区域地质事件变动的影响,盆地受到了明显的后期改造,使盆地后期沉积格局和构造样式发生了明显的改变,早期盆地受到抬升剥蚀、冲断推覆、叠合埋藏、热力改造及断陷分隔等形式的改造。盆地后期改造作用不仅对油气二次运移(调整)成藏有重要影响^[2-3],同时对砂岩型铀成矿作用的发生和空间分布有明显的控制作用。

笔者依据地层不整合面、构造变形、区域地质构造事件及多种同位素测年等资料,对盆地后期改造期次、类型及分布特征进行了分析总结,并重点研究了盆地后期改造与砂岩型铀成矿的关系。

1 鄂尔多斯盆地后期改造作用特征

鄂尔多斯盆地沉积演化历史显示,沉积盆地主要发育在中晚三叠世—早白垩世阶段,具有多期叠合盆地的特点。中晚三叠世以来,盆地虽然经历了多期构造变动事件,使早期原型盆地受到不同程度的影响和改造,但对盆地构造格局造成明显改变的构造事件主要发生于中生代晚期晚侏罗世以来。依据地层不整合面、沉积建造、主要地质事件及多种测年结果,初步将盆地后期改造作用划分为晚侏罗世改造、早白垩世改造、早白垩末—古新世改造、始新世—中新世改造及中新世末—现今改造 5 个阶段。盆地改造形式包括抬升剥蚀、冲断推覆、叠合埋藏、断陷分隔及热力改造等。改造程度、形式在空间分布上具有显著的不均一性,总的特征是盆地边缘改造作用强烈、形式多样,盆地内部改造较弱、形式简单,这是不同部位地质构造背景环境的差异所决定的。

1.1 晚侏罗世阶段盆地改造特征

发生于中侏罗世末—晚侏罗世期间的中燕山运动是一期强烈的区域挤压构造事件,使盆地沉积格局和构造格架发生了重大改观,早期盆地受到强烈的改造。

此阶段,在近东西向区域挤压应力作用下,该区转入陆内前陆盆地发展时期^[4],在盆地西部形成近南北向展布的西缘冲断构造带,盆地沉积范围向西收缩,仅在盆地西缘边部接受了晚侏罗世山前磨

拉石堆积,盆缘地带的中侏罗统及以前地层受到逆冲断裂构造的强烈改造,地层中断裂、褶皱发育,产状变陡,呈残留断块状产出,局部冲断体(席)上的早期地层遭受一定的剥蚀改造^[4-5]。盆地东部,随着吕梁山挤压崛起,吕梁以东的中晚三叠世—早中侏罗世地层遭受强烈的剥蚀改造,多呈残留状分布,并在晋西地区形成呈北东或北北东向展布挠曲褶皱构造带。盆地东缘地区以抬升隆起为主,缺失晚侏罗世沉积,早期地层遭到明显的剥蚀改造,在野外常见到下白垩统直接不整合于直罗组之上,安定组多被剥蚀掉。盆地北缘、南缘地区分别受到同期大青山—阴山和古秦岭构造带挤压作用影响,抬升隆起,缺失晚侏罗世沉积,早期地层遭受强烈的剥蚀改造(特别是中侏罗世晚期安定组多被剥蚀)。

上述特征表明:晚侏罗世中燕山构造运动,使盆地受到明显的改造,其中盆地西缘以冲断推覆、褶皱断裂变形和部分叠合埋藏作用为主,盆地东缘、北缘及南缘主要受抬升剥蚀作用的改造。

1.2 早白垩世阶段盆地改造特征

早白垩世阶段,该区转入伸展拉张的构造环境,形成了一套近南北向展布的西厚东薄的箕状断拗陷河湖相沉积(志丹群),该期盆地沉积中心位于西部天环拗陷一带,其最大沉积厚度 1 500 m 以上。同时,随着地壳伸展拉张作用的进行,伴有深部岩浆热事件的活动,如贺兰山汝箕沟玄武岩。盆地北部乌审旗等地钻孔中志丹群洛河组、华池—环河组均见有多层晶屑凝灰砂岩、凝灰岩夹层,在盆地东部也发现燕山中期 140~110 Ma 岩浆侵入活动^[6]。因此,该阶段下伏地层必然会受到上覆地层(K₁)的叠覆埋藏作用和深部岩浆热力作用的改造,其对早期地层的成岩作用及烃源岩(O₂、C₃—P₁、T₃、J₁₋₂)成熟或达到生烃高峰期均具有重要的意义^[7]。研究表明,上述生烃源岩在早白垩世末(90 Ma 左右)已分别达到产气、生油高峰期^[8]。

1.3 早白垩世末—古新世阶段盆地改造特征

早白垩世末—古新世阶段,是盆地又一次挤压抬升期,不过其挤压强度总体较中燕山运动有所减弱,具有整体抬升的特征。该期构造运动对盆地也造成了明显的改造作用,表现在盆地周边断裂复活,向盆内逆冲或推覆,使盆缘地层产生冲断或褶曲变形,盆地以不均衡抬升为主,处于剥蚀状态,缺失晚白垩世—古新世沉积,并伴生深部岩浆活动。

盆地西缘受西部挤压作用影响,冲断构造进一

步活动,并向盆内逆冲(古生界及中生界早期地层逆冲于下白垩统之上),冲断带上及盆缘地层(主要指下白垩统)遭到强烈剥蚀,如中北段马家滩—惠安堡一带,其下白垩统剥蚀厚度为 500~900 m。

盆地东缘以抬升降起为主,下白垩统及以前地层也遭受强烈剥蚀及地下水的淋滤改造(下白垩统剥蚀厚度超过 500 m)。盆地北缘(伊盟隆起)从早白垩世晚期(东胜期)已开始抬升降起(东胜组的山前冲积砾岩层,当时地貌相对高差较大),并紧邻北部造山区,盆缘地层遭受强烈剥蚀(下白垩统剥蚀厚度 600 m)和地下水的淋滤改造。盆地南缘,特别是东南缘,受古秦岭造山带向盆内挤压作用的影响,在盆缘中生界(T-K₁)地层中形成一组呈北东东向展布的不对称背斜构造和逆冲断裂构造(构造变形强度由南向北逐渐减弱),并伴有层间挤压滑动或破碎带,使盆缘地层构造变形加剧,同时,盆缘地区发生抬升降起或发生翘倾,下白垩统及前期地层受到明显的剥蚀改造。

1.4 渐新世—中新世阶段盆地改造特征

该区处于区域引张应力环境,在盆地周缘(主要是南缘、北缘及六盘山地区)形成断陷盆地沉积,使盆地与南北缘蚀源区(褶皱山地)相分隔。盆地内部发生了不均衡抬升和差异沉降,盆地地势总体东高西低,沉积区主要分布于盆地西部六盘山地区和盆地南北缘渭河盆地及银川—河套盆地区(盆地西北部有少量沉积)。盆地东缘、南缘、北缘等地区多处于抬升降起状态,遭受到长期剥蚀及地下水的淋滤改造。另外,从磷灰石裂变径迹测年显示,在渐新世末—中新世初期,盆地曾发生过抬升构造变动事件(23 Ma、27~20 Ma)^[3-4],抬升幅度东强西弱,使盆地东缘地层遭受强烈剥蚀改造。其对盆地早期油气再次运移(调整)成藏可能具有积极意义,但边缘断陷的形成分割了周缘山地地下水向盆地内的补给渗流,削弱了渗入型铀成矿作用继续进行。

1.5 中新世晚期—现今阶段盆地改造特征

中新世晚期以来,受西南部印度板块挤压作用影响,六盘山隆升开始崛起,盆地发生了西隆东拗的构造反转,盆地沉积区向盆地东部迁移,在盆地中东部沉积了一套红色粘土。同时,盆地南北缘走滑引张断陷作用进一步加强,形成了巨厚的上新世—第四纪碎屑岩沉积(大于 2 000 m)。早更新世以来盆地以整体抬升为主,存在差异性断块运动

(盆地南部较北部抬升强烈),并伴随着地表外流水系(黄河)的形成,使盆地盖层受到明显侵蚀、冲刷改造,最终形成现今西高东低沟壑纵横的黄土高原及沙漠高原剥蚀型地貌景观。此期,盆地改造作用最强烈的地区为盆地西南缘和盆缘断陷区,盆地西南缘以新构造挤压冲断为特征,地貌起伏较大,盆缘地层破碎强烈。盆地南北缘地区走滑拉张断陷活动进一步增强,充填了巨厚的 N₂-Q 沉积,盆地内部主要表现为断块抬升侵蚀改造作用,其对盆地砂岩型铀成矿和保矿作用均是不利的。

2 盆地后期改造与砂岩型铀成矿关系

砂岩型铀矿具有表生后成渗入成矿特点,铀成矿作用除受有利的含矿层沉积体系(砂体)、还原障、水文地质、古气候、铀源等条件控制外,盆地后期改造作用是铀成矿最重要的控制因素。盆地后期抬升(沉积间断期)使含矿层抬升降起,遭受剥蚀、地下水淋滤改造,为渗入型地下水交替作用发生和发育提供有利的构造条件,控制着砂岩型铀成矿期次和时间。抬升作用形成的构造斜坡(单斜)区,是渗入型地下水的发育区,亦是含矿层中层间氧化带形成的有利地区,对砂岩型铀矿的空间分布亦有明显地控制作用。鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿含矿层主要是中侏罗统直罗组(J_{2z})和下白垩统志丹群(K_{1z}),晚侏罗世以来,鄂尔多斯盆地经历了多期抬升剥蚀、冲断推覆、叠合埋藏、断陷分隔及热力作用的改造,其对区内砂岩型铀成矿有重要影响,主要表现在 3 方面。

2.1 盆地抬升剥蚀期控制砂岩型铀成矿作用

盆地后期改造特征分析表明,晚侏罗世、早白垩世末—古新世、中新世初期及上新世末—第四纪阶段是盆地抬升剥蚀改造期,形成多个沉积间断,沉积间断期正是盆地地下水渗入交替发育时期,加上晚侏罗期以来气候干旱炎热,对含矿层(J_{2z}、K_{1z})中潜水—层间氧化带及砂岩型铀矿的形成非常有利。区内铀矿床(东胜铀矿、店头铀矿)矿石 U-Pb 同位素测年(表 1)结果表明,铀成矿主要发生于 4 个抬升剥蚀期^[9],并有累积叠加成矿的特点。

2.1.1 中侏罗世—晚侏罗世铀预富集成矿阶段

中侏罗世末期(安定期),在沉积埋藏压实作用阶段,直罗组上段及安定组红色泥岩中的原生孔隙水被压榨排出向直罗组下部砂体渗流交替,在氧化

还原界面附近形成铀的预富集。晚侏罗世盆地东部抬升剥蚀期气候干旱炎热,含矿层(J_2z)受到一期潜水-层间水淋滤、氧化改造,在氧化还原过渡带附近形成铀的预富集成矿作用,东胜铀矿床中(149 ± 16)Ma 同位素年龄就是此期成矿作用的佐证。

表 1 鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿阶段划分

Tab. 1 Division of the Sandstone type

| Uranium Ore Stage in Ordos Basin | | | | | t / Ma |
|----------------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| 铀矿床 | 铀成矿预富集阶段 | 铀矿主要成矿阶段 | 铀矿叠加富集阶段 | 油气还原保矿及其侵蚀改造阶段 | |
| | $J_2\text{末} - J_3$ | $K_1 - E_1$ | N_1 | 阶段 $N_2 - Q$ | |
| 东胜 | 149 ± 16 | 109、 85~88、 76、56 | 20±2、 16.5、 8±1 | | |
| 店头 | | 110~98、 51.5±8、 41±9.3 | | | |

2.1.2 早白垩世末—古新世铀主要成矿阶段

此阶段盆地处于长时期抬升剥蚀期,气候干旱炎热,盆地周缘造山区与盆地直接相连,盆缘含矿层(J_2z 、 K_1z)普遍遭受剥蚀,并受到大气降水及周缘山地补给区地下水的氧化、淋滤改造,是该区层间氧化带发育及砂岩型铀成矿的主要阶段,东胜矿床(109 Ma、85~88 Ma、76 Ma、56 Ma)、店头铀矿床(110~98 Ma、51 Ma、41.8 Ma)主要矿石同位素年龄结果可以证明。

2.1.3 中新世初期铀叠加富集成矿阶段

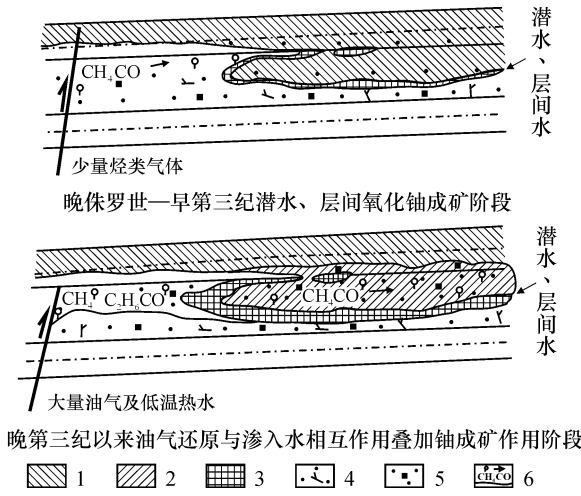
该期盆地发生过一期抬升冷构造事件,盆地普遍抬升隆起,但是盆地边缘断陷已形成,含矿层(J_2z)受到一定的剥蚀及地下水淋滤氧化改造,但地下水渗入作用减弱,早期铀矿化受到一定的叠加富集改造,东胜铀矿卷头部位的富矿石同位素年龄(20~8)Ma 是该期成矿作用的反映。

2.1.4 上新世末—现今油气逸散保矿及侵蚀改造

此阶段,盆地处于整体抬升期,且西部较东部强烈,南部较北部强烈,盆地地下水动力条件转为外流渗出型特点(除盆地西南缘外),渗入作用基本结束,以溯源剥蚀、侵蚀作用为主,渗入型砂岩铀成矿作用基本结束。部分早期形成的铀矿化遭受地表水的淋滤或侵蚀改造,同时,随着第三纪以来构造抬升的影响,盆地深部油气、低温流体沿断裂或裂隙向上部含矿层(J_2z 、 K_1z)的逸散运移^[3,10],使含矿层中早期形成氧化蚀变(黄、红、褐色)发生褪色蚀变(呈灰绿、蓝绿、灰白色),增加了含矿层的还

原能量,对早期铀矿起到还原保矿作用(东胜、店头铀矿区均见有晚期油气逸散泄露和二次还原蚀变的痕迹)。

盆地后期抬升剥蚀改造与油气运移及砂岩型铀成矿的关系模式如图 1。



1—氧化岩石带; 2—还原绿色岩石带; 3—铀富集带; 4—灰色含炭砂岩; 5—黄铁矿; 6—天然气富集区及运移方向

图 1 盆地抬升改造与油气运移及铀成矿关系模式
Fig. 1 Relation Between Uplift Reconstruction and Oil gas Move or Uranium Metallization in Ordos Basin

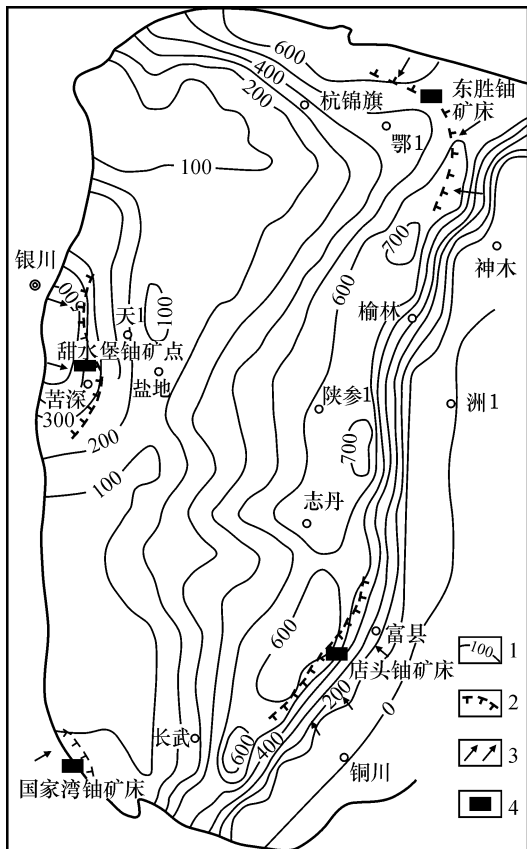
2.2 盆缘构造抬升区控制着铀矿化的宏观展布

盆缘后期抬升(掀斜)区,使含矿层遭受到一定的剥蚀改造,在地表裸露良好,易于渗入型地下水的入渗和层间氧化带的稳定发育,同时相对稳定的构造斜坡区有利于大范围层间氧化带的形成,因而,盆缘抬升(掀斜)区是层间氧化带发育的理想构造部位。从目前盆地内已知铀矿床(点)的分布规律来看,东胜铀矿床位于后期强烈抬升的伊盟隆起南部与伊陕斜坡北段过渡区;店头铀矿床处于后期强烈抬升的渭北隆起与伊陕斜坡南段过渡区;国家湾铀矿床位于南西部天环坳陷隆起边缘,均受盆地后期抬升(掀斜)区的控制(图 2)。

2.3 地质构造作用对砂岩型铀成矿不利

(1) 强烈的冲断褶皱作用使含矿层变形强烈,连续性变差,对单向渗入型地下水的稳定发育不利,因而对层间氧化带砂岩型铀矿的形成不利。

(2) 叠合理藏作用使含矿层深埋于下部,埋藏压实作用增强,含矿层渗透性降低,难以接受到地表或渗入型地下水的改造,对含矿层(砂体)中层间氧化带形成和发育不利,对砂岩型铀成矿作用亦不利。



1 - 下白垩统剥蚀等厚度线; 2 - 层间氧化带的峰线; 3 - 古地下水流向; 4 - 砂岩型铀矿床

图 2 鄂尔多斯盆地地下白垩统剥蚀厚度与砂岩型铀矿分布

Fig. 2 Eroded Thickness of lower Cretaceous and the Distribution of the Sandstone type Uranium Deposit in Ordos Basin

(3) 断陷分隔作用是指新生代以来沿盆地边缘形成拉张断陷作用, 断陷作用阻隔了盆地与周缘山地地下水的动力联系, 改变了盆地地下水动力条件, 使盆缘地下水部分向外排泄(流入断陷区), 对盆地渗入水的形成和发育均为不利, 因而, 也制约了盆地后期砂岩型铀成矿作用继续进行, 对晚期铀成矿是非常不利的。

3 结论

研究表明, 鄂尔多斯盆地后期(晚侏罗世以来),

经历了多期构造变动事件的改造, 改造类型包括抬升剥蚀、冲断褶皱、叠合埋藏、断陷分隔及热力改造作用等, 不同地区改造程度及改造形式在空间上也存在着较大差异, 总体看盆地边缘后期改造较强烈, 改造类型多样, 盆地内部改造作用相对较弱, 类型简单, 这与盆地不同部位的构造环境和背景差异有一定关系。通过盆地后期改造作用与砂岩型铀成矿关系分析认为, 砂岩型铀成矿作用与盆地后期抬升剥蚀改造作用密切相关, 晚侏罗世、早白垩世末—古新世及中新世阶段抬升剥蚀期是盆地地下水渗入潜水、层间水交替发育的主要时期, 控制着砂岩型铀成矿发生的期次和时间; 盆缘抬升掀斜区是砂岩型铀成矿的有利构造区, 控制着该区铀矿的宏观分布。强烈的冲断褶皱、叠合埋藏及断陷分隔等改造作用对砂岩型铀成矿不利。

[参 考 文 献]

[1] 赵重远, 刘池阳. 残延克拉通内盆地及其含油性——以鄂尔多斯盆地和四川盆地为例[C] //中国地质学会编. “七五”地质科技重要成果学术交流会议论文集. 北京: 科学出版社, 1992.

[2] 贾承造, 何登发, 陆洁民. 中国喜马拉雅运动的期次及其动力学背景[J]. 石油与天然气地质, 2005, 25(2): 121 - 125.

[3] 赵孟为. 鄂尔多斯盆地油气形成与运移时间和运移方向的确定与勘探方向[J]. 石油实验地质, 1996, 18(4): 341 - 347.

[4] 赵红格. 鄂尔多斯盆地西部构造特征及演化[D]. 西安: 西北大学, 2003.

[5] 王 锋, 刘池洋, 赵红格. 鄂尔多斯地块西部南北向侧离滑覆构造[J]. 地球科学与环境学报, 2003, 26(1): 17 - 20.

[6] 任战利, 张 盛, 高胜利, 等. 鄂尔多斯盆地热演化史研究现状及进展[C] //刘池洋. 盆地多种能源矿产共存富集成藏(矿). 北京: 科学出版社, 2005.

[7] 万丛礼, 付金华, 张 军. 鄂尔多斯西缘前陆盆地构造 - 热事件与油气运移[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(2): 43 - 47.

[8] 何自新, 杨 华, 费安琪. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.

[9] 夏毓亮, 林锦荣, 刘汉斌, 等. 中国北方主要产铀盆地砂岩铀成矿年代学研究[J]. 铀矿地质, 2003, 19(3): 129 - 136.

[10] 赵希刚, 吴汉宁, 韩 玲, 等. 改造末期多种能源矿(藏) 同盆共存的多元信息标志[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(2): 33 - 39.